

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

87 EP 0 474 603 B1

10 DE 691 00 887 T 2

51 Int. Cl. 5:  
G 05 B 19/40

21	Deutsches Aktenzeichen:	691 00 887.6
86	Europäisches Aktenzeichen:	91 810 693.1
86	Europäischer Anmeldetag:	30. 8. 91
87	Erstveröffentlichung durch das EPA:	11. 3. 92
87	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	29. 12. 93
47	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	19. 5. 94

DE 691 00 887 T 2

30 Unionspriorität: 32 33 31  
04.09.90 CH 2869/90

73 Patentinhaber:  
Tornos-Bechler S.A. Fabrique de Machines Moutier,  
Moutier, Bern, CH

74 Vertreter:  
Lorenz, E.; Gossel, H., Dipl.-Ing.; Philipps, I., Dr.;  
Schäuble, P., Dr.; Jackermeier, S., Dr.; Zinnecker,  
A., Dipl.-Ing., Rechtsanwälte; Laufhütte, H.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw.; Ingerl, R., Dr.,  
Rechtsanw., 80538 München

84 Benannte Vertragsstaaten:  
CH, DE, FR, GB, IT, LI

72 Erfinder:  
Simonin, Jean-Claude, CH-2740 Moutier, CH; Paroz,  
Cedric, CH-2740 Moutier, CH

54 Verfahren und Gerät zum Steuern einer oder mehrerer Achsen einer Werkzeugmaschine.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 691 00 887 T 2

Übersetzung des Beschr ibungsteils der europäischen  
Patentanmeldung mit der Veröffentlichungsnummer 0 474 603

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das  
5 Problem der Steuerung von Werkzeugmaschinen. Man weiss,  
dass die traditionellen Maschinen vom mechanischen Typ, wie  
zum Beispiel die Abstech-Drehmaschinen (Décolleteusen)  
Steuerkurven enthalten, das heisst mechanische Bauteile,  
welche das Bearbeitungsprogramm von Werkstücken enthalten.  
10 Jede Steuerkurve überträgt durch den Ablauf ihres Profils  
eine Bewegung an das Werkzeug. Die Verbindung zwischen dem  
Abtastelement und der Steuerkurve wird dauernd derart auf-  
rechterhalten, dass die Stellung des Werkzeuges zu jeder  
Zeit eine Funktion des Radius der Steuerkurve an der Stelle  
15 ist, wo diese durch das Abtastelement berührt wird. Eine  
solche Steuerung kann in einen offenen Regelkreis aufgenom-  
men werden.

In den letzten Jahren wurden neben diesen tradi-  
tionellen Maschinen sogenannte numerisch gesteuerte Maschi-  
20 nen entwickelt. Die verschiedenen "Achsen" der Maschine  
werden durch Aktuatoren betätigt. Das Programm berechnet  
eine Folge von Anweisungen, welche an Regler übertragen  
werden, und die Motoren der verschiedenen Achsen werden  
durch diese Regler geregelt. Die Regelung erfolgt im ge-  
25 schlossenen Regelkreis. Ein Fühler gibt zu jeder Zeit die  
Stellung der Achse an, so dass ein Vergleich zwischen dem  
Sollwert und dem Istwert durchgeführt werden kann. Die  
Abweichung bestimmt eine Einstellbewegung.

Unter anderem wird im Dokument US-A-3 015 806  
30 eine numerische Steuerung des Standardtyps mit linearer  
Verstellung beschrieben: ausgehend von zwei gegebenen Punk-  
ten wird eine bestimmte Bearbeitungsbahn festgelegt und mit  
einer bestimmten Geschwindigkeit durchlaufen, jedoch ohne  
dass jeder Verstellung ein optimaler, vorbestimmter Zeit-  
35 punkt zugeordnet wird, dies im Gegensatz zum Gegenstand der  
vorliegenden Erfindung.

Das Dokument US-A-4 489 260 bezieht sich auf die Optimierung der Geschwindigkeit der Verstellgeschwindigkeit zwischen zwei theoretischen Punkten, was für die Bearbeitungsbahn zwischen diesen Punkten wenig wichtig ist.

5 Beschleunigungs- und Verzögerungs-Reihen (Fig. 3 und 4) erlauben es, diese optimalen Geschwindigkeiten zu erzeugen. Diese Methode ist grundsätzlich verschieden von derjenigen, welche Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, da die zu durchlaufende Bearbeitungsbahn nicht festgelegt ist.

10 Das Dokument US-A-3 297 929 beschreibt ein Steuerprinzip der Betriebsart "Ein/Aus", das eine "Ein/Aus"-Steuertabelle verwendet, die in Funktion der Zeit erstellt ist. Die Hebel steuern die Motoren, welche ausschliesslich im "Ein/Aus"-Betrieb verwendet werden, was die Verwendungsgeschwindigkeiten stark einschränkt, da dort keine Beschleunigungs-Rampe möglich ist. Die erlaubten Verstellungen sind sehr elementar und erlauben weder das Optimieren der Bearbeitungsbahn noch der Bearbeitungszeiten.

In "Die numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen", von Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Simon, Carl Hanser Verlag, München, 1971, wird auf den Seiten 277 bis 280 eine Rechenmethode beschrieben, welche das Interpolations-Verfahren von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen veranschaulicht. Es handelt sich um einen mathematischen Beweis, bei dem die Tabelle 13 das Resultat einer Berechnung anzeigt, so wie sie in Echtzeit durchgeführt würde. Andererseits werden die zwei Achsen anstatt gleichzeitig in sich folgender Art verwendet, wie die Figur 20 gut veranschaulicht.

25 Es handelt sich also um eine aus dem Stand der Technik bekannte Methode, die durch die Mehrheit der numerisch gesteuerten Maschinen praktiziert wird.

Es ist das Ziel der Erfindung, die Vorteile der Maschinen mit Steuerkurven (Ausführungsgeschwindigkeit, Einfachheit) und diejenigen der numerischen Maschinen (Vereinfachung der Inbetriebsetzungs-Vorgänge) zu vereinigen, dies durch eine besondere Anordnung der Steuereinrichtung und eine abweichende Auslegung von derjenigen, wie man sie

in den üblichen numerisch gesteuerten Maschinen antrifft, mit abzuspeichernden Daten für die Steuerung und die Kontrolle der Achsenbewegungen.

Innerhalb dieses Ziels beinhaltet die vorliegende  
5 Erfindung als ersten Gegenstand ein Verfahren zum Steuern von programmierten Verstellungen, das in den Patentansprüchen 1 bis 8 definiert wird, sowie eine Einrichtung zum Steuern einer oder mehrerer Achsen in einer Werkzeugmaschine, gemäss den Ansprüchen 9 bis 19.

10 Die Erfindung besteht also hauptsächlich aus der Tatsache, dass die Einfachheit des Steuersystems mit Steuerkurven und mit offenem Regelkreis, mit der Flexibilität von modernen Aktuatoren kombiniert wird, welche Elektromotoren, hydraulische Achsen, usw. sein können. Die  
15 Änderung eines Werkstück-Programmes kann dann in sehr kurzer Zeit durchgeführt werden, im Vergleich mit dem, was bei den Maschinen mit Steuerkurven notwendig ist. Im weiteren ist die mögliche Vielfalt der Programme nicht mehr durch die endlichen Abmessungen der Steuerkurven begrenzt.  
20 Jedoch wird mit der Einrichtung der Erfindung der Vorteil der Systeme mit Steuerkurven, die Funktionsweise mit offenem Regelkreis und die völlige Sicherheit, beibehalten.

Ein wesentliches Kennzeichen der Erfindung ist die Auslegung der sogenannten Schritt-Tabelle. Die Struktur, die Wirkungsweise und die Ausarbeitung der Tabelle  
25 werden nachstehend beschrieben.

Für die Erstellung dieser Tabellen kann der Fachmann die Methode der Datenkompression anwenden, was erlaubt, Programme mit reduzierter Länge zu erhalten. Die  
30 Tabellen können durch einfache Maschinen verarbeitet werden, so dass die Installationskosten reduziert werden, und dies ohne Folgen auf die Vielfalt der möglichen Bearbeitungen oder deren Genauigkeit.

Gemäss einem der Kennzeichen der Erfindung ver-  
35 wendet man für jede Achse Inkremental-Motoren oder Motoren mit inkrementaler Funktionsweise. Solche Motoren sind zum Beispiel Schrittmotoren oder mit Regelsystemen ausgerüstete

Motoren, die in analoger Weise wie ein Schrittmotor funktionieren. Ein Inkremental-Motor im Sinne des vorliegenden Patentes kann ebenfalls ein hydraulischer Aktuator sein, zum Beispiel eine geregelte Winde.

5       Unter Basierung auf die anliegende Zeichnung werden nun mehrere Beispiele von Anwendungen des Erfindungsgegenstandes erläutert.

      In der Zeichnung ist die Fig. 1 ein schematischer, von oben her gesehener Grundriss einer Drehmaschine,  
10   die mit einer Einrichtung zum Steuern gemäss der Erfindung ausgerüstet ist,

      die Fig. 2 ist eine Hilfsgrafik für die Ausarbeitung einer Schritt-Tabelle, welche die Bearbeitung eines Werkstücks mit dem oben rechts in der Fig. 2 dargestellten  
15   Profil erlaubt,

      die Fig. 3 zeigt in schematischer Weise die in der Schritt-Tabelle enthaltenen Daten, welche erstere das das Profil des Werkstücks nach Fig. 2 formende Programm steuert,

20       die Fig. 4 ist ein Teil eines vereinfachten Flussdiagrammes, das die Steuerung eines Drehwerkzeuges während der Bearbeitung des Werkstücks nach Fig. 2 veranschaulicht,

      die Fig. 5 ist eine Detailzeichnung, welche in  
25   stark vereinfachter Weise die wirkliche Form des bearbeiteten Werkstücks nach dem Schema gemäss Fig. 2 zeigt,

      und

      die Fig. 6 und 7 sind analoge Grafiken wie die Fig. 2 und 3, die sich jedoch auf eine Ausführungsvariante  
30   der Schritt-Tabelle beziehen.

      Die allgemeine Konstruktion der mit der zu beschreibenden Einrichtung ausgerüsteten Bearbeitungsmaschine weist keine speziellen Besonderheiten auf. Die verschiedenen Achsen werden durch Inkremental-Motoren oder  
35   Motoren mit inkrementaler Funktionsweise angetrieben.

      Die Einrichtung zum Steuern umfasst eine Software. Die Bearbeitung eines Werkstücks umfasst die Erstel-

lung eines Programmes, dessen wesentliches Element eine Schritt-Tabelle ist. Ausgehend von einem vorgegebenen Profil des Werkstücks P werden die Verstellungen der Achsen X und Y mit sich folgenden Schritten aufgezeichnet, und  
5 werden die kumulierten Zeitintervalle zum Erreichen der gewünschten Verstellungen in Funktion der Kennwerte der Maschine und des Werkstücks in einen Speicher gegeben, dies in Form einer Tabelle, die die Verstellungen  $\Delta t_{x_i}$  und die Verstellungen  $\Delta t_{y_i}$  enthält. Die Einlesungen der auszufüh-  
10 renden Schritte in Funktion eines geeigneten Zeitsignalgenerators bewirken die sich folgende Aussendung der Impulse, welche bewirken, dass die Achsen X und Y ihre sich folgenden Schritte ausführen.

Man erkennt in der Fig. 1 auf einer Grundplatte 1  
15 ein Gehäuse 2, welches einen Spindelstock 3 abstützt, dessen Spindel mit einer Spannzange 4 ausgerüstet ist. Eine zu bearbeitende Stange 5 erstreckt sich über den Spindelstock 3 hinaus vorstehend und eine Hülse 6 durchquerend, so dass ihr Ende einem mit einem Gleitschlitten 8 fest verbundenen  
20 Drehwerkzeug 7 gegenübersteht. Ein Spindel-Motor 9 versetzt die Zange 4 in Drehung. Ein Spindelstock-Motor 10 gewährleistet die Verstellungen des Spindelstockes 3 nach vorne und nach hinten. Die Öffnungs- und Verschlusssteuerungen für die Zange 4 sind nicht dargestellt. Ein Motor 11  
25 verstellt den Gleitschlitten 8 auf einer Gleitführung 12, so dass die Stellung des Werkzeuges in radialer Richtung in Bezug zur Drehachse der Stange 5 gesteuert wird. Die Bearbeitung eines wiederholbaren Profils an identischen Werk-  
stücken, die nacheinander aus der Stange 5 geformt werden,  
30 bedingt ein Arbeiten in den Achsen X und Y, wobei die X-Achse durch den Motor 10 und die Y-Achse durch den Motor 11 konkretisiert wird. Die Drehgeschwindigkeit der Spindel wird durch den Motor 9 gesteuert, welcher hier unabhängig von der beschriebenen Steuereinrichtung ist. Man wird je-  
35 doch weiter unten sehen, dass in bestimmten Fällen der Motor für den Spindelantrieb ebenfalls als eine Achse betrachtet werden kann.

Die Grafik der Fig. 2 erlaubt es, zu erklären, wie man eine Schritt-Tabelle erstellt, die geeignet ist, in einer elektronischen Steuereinrichtung 13 des Bearbeitungszentrums eingebaut zu werden. Das Profil eines Werkstücks P, das man zu bearbeiten wünscht, ist schematisch im rechten oberen Quadrant der Grafik dargestellt. Die X-Achse stellt die Symmetrieachse der Stange und die Y-Achse die radialen Abweichungen des Werkzeugs im Verhältnis zur X-Achse dar. Die auszuführenden Arbeitsgänge werden in Werkzeugbewegungen zerlegt, welche ihrerseits in Schritte von vorgegebener Länge quantisiert werden, die in Funktion der durch das Material auferlegten Erfordernisse und einer Abschätzung der sinnvollsten Bewegungen gewählt werden. In dieser Grafik sind sowohl die Achse, die vom Zentrum ausgeht und sich horizontal nach links ausdehnt, wie auch diejenige, die vom Zentrum ausgeht und sich vertikal nach unten ausdehnt, Zeitachsen. Die Verstellungen des Werkzeuges in radialer Richtung sind auf der Y-Achse eingetragen, während die Verstellungen des Spindelstocks auf der X-Achse eingetragen werden. Der Ursprungspunkt der Bearbeitung ist der mit  $t = 0$  bezeichnete Punkt. Weiter unten wird auf die Ermittlung dieser Ursprungsposition bei der Bearbeitung jedes Werkstücks zurückgekommen. Ausgehend von diesem Punkt  $t = 0$  wird die im rechten oberen Quadranten der Grafik dargestellte Bearbeitungsbahn des Werkzeuges in Segmente zerlegt. Der rechte untere Quadrant zeigt die sich folgenden Verstellungen des Spindelstockes in axialer Richtung und in Funktion der Zeit, und der linke obere Quadrant die sich folgenden Verstellungen des Werkzeuges in Funktion der Zeit. Diese Verstellungen werden in Funktion von sich folgenden und variablen Zeitintervallen, die mit  $\Delta t$  bezeichnet sind, in feste Schritte zerlegt. Die  $\Delta t_{x_i}$  sind eine Folge von Zeitintervallen, wobei an jedem ihrer Enden der Spindelstock eine Verstellung um einen Schritt ausführt haben muss, das heisst, dass sein Motor einen Befehl für das Ausführen eines Inkrementes erhalten haben muss. Man erkennt, dass zwischen dem Zeitpunkt  $t = 0$  und dem

Zeitpunkt  $t = 2$  die X-Achse ein Inkrement nach jedem Zeitintervall ausgeführt haben muss, während zwischen dem Zeitpunkt  $t = 2$  und dem Zeitpunkt  $t = 8$  der Spindelstock ein Inkrement pro zwei sich folgende Zeitintervalle aus-  
5 führen muss. Zwischen dem Zeitpunkt  $t = 8$  und dem Zeitpunkt  $t = 11$  führt der Spindelstock keine Verstellung aus, während in den Zeitintervallen, die dem Zeitpunkt  $t = 11$  folgen und bis zum Zeitpunkt  $t = 15$  der Spindelstock bei jedem Intervall  $\Delta t_x$  ein Inkrement ausführt.

10 Was die Verstellung des Werkzeuges betrifft, das heisst der Y-Achse, findet hier eine analoge Zerlegung statt. Ausgehend von der Stellung des Werkzeuges zum Zeitpunkt  $t = 0$  werden die Folge der Zeitintervalle auf der t-Achse nach links eingetragen und die Inkremente des Werk-  
15 zeug-Motors in der Ordinate eingetragen, so dass die Linie im linken oberen Quadranten zwischen dem Zeitpunkt  $t = 0$  und dem Zeitpunkt  $t = 15$  erhalten wird.

Die Summe der Zeitintervalle ist für die Y-Achse ( $\Delta t_y$ ) und für die X-Achse ( $\Delta t_x$ ) die gleiche (in diesem  
20 besonderen Fall ist sie gleich 15, selbstverständlich ist dies aber ein theoretisches Beispiel). Dagegen ist die Verteilung der Inkremental-Befehle in Funktion des Zeitablaufes auf jeder der Achsen verschieden.

Die Schritt-Tabelle im eigentlichen Sinn ist in  
25 der Fig. 3 dargestellt. Jede der Kolonnen  $\Delta t_{xi}$  und  $\Delta t_{yi}$  stellt die Anzahl der Zeitintervalle dar, nach welchen die entsprechende Achse eine Verstellung um ein Inkrement ausgeführt haben muss. Diese Tabelle erlaubt ein derartiges Programmieren der Steuereinrichtung, dass eine Reihe sich  
30 folgender Werkstücke aus der Stange 5 (Fig. 1) heraus bearbeitet werden kann.

Man bemerkt im Rahmen der Fig. 3 auch noch, dass in bestimmten Fällen eine Richtungsumkehr der Werkzeug-  
Verstellung notwendig werden kann. In diesem Fall enthält  
35 die Schritt-Tabelle für eine bestimmte Position in der Folge der Zeitintervalle  $\Delta t_{yi}$  eine Instruktion mit einem nichtüblichen Befehl (zum Beispiel  $\Delta t = 0$ ), wobei dieser



Bef hl als eine Richtungsumkehr für die Verstellung der Y-Achse interpretiert wird.

Das eigentliche Programm kann auf einfache Weise auf der Grundlage der Eintragungen in der Schritt-Tabelle ausgearbeitet werden. Es handelt sich um ein wiederholbares Programm, welches unabhängig voneinander die X-Achse und die Y-Achse betätigt. Der erste Vorgang besteht aus der Ermittlung der Ursprungsposition, wobei dies ein bekannter Vorgang ist, auf welchen nicht näher eingetreten werden muss. Sobald die Ursprungsposition ermittelt ist, werden die Einlese-Sequenzen der  $\Delta t_{xi}$  und der  $\Delta t_{yi}$  begonnen.

Die Steuereinrichtung umfasst einen Zeitsignal-generator, welcher die Dauer der  $\Delta t_i$  bestimmt. Die in diesen Tabellen enthaltenen numerischen Daten geben jedesmal die Anzahl  $\Delta t$  an, welche abgezählt werden müssen, bevor ein Impuls zum Motor der entsprechenden Achse gesandt wird, um ihn um ein Inkrement zu verstellen. Die Flussdiagramme der Fig. 4 geben die Vorgänge an, die bei jeder Einlese-Sequenz ausgeführt werden. Jede Sequenz berücksichtigt die Verzögerung, welche  $\Delta t_{xi}$  oder  $\Delta t_{yi}$  entspricht, und die Ausgabe des folgenden Impulses erfolgt zum passenden Zeitpunkt. Das tatsächliche Profil des bearbeiteten Werkstückes ist ein Profil mit einem Verlauf, wie er in der Fig. 5 dargestellt wird. Bei der Ausarbeitung des Programmes wird man die  $\Delta t$  und die Inkremente so wählen, dass die Dynamik des Systems im Hinblick auf den zu fabrizierenden Werkstück-Typ beachtet wird.

Die Grafik der Fig. 6 erläutert eine Variante der Erstellung der Schritt-Tabelle, die geeignet ist, in der elektronischen Steuereinrichtung 13 der Bearbeitungsmaschine eingebaut zu werden. Das Profil eines Werkstücks P, das man zu bearbeiten wünscht, und die sich folgenden Verstellungen des Werkzeuges und des Spindelstocks sind in analoger Weise wie in der Fig. 2 dargestellt. Jedoch werden die Verstellungen in Anzahl Schritte, in Funktion sich folgender fester, mit  $\Delta t$  bezeichneter Zeitintervalle, zerlegt. Die  $\Delta X_i$  und  $\Delta Y_i$  sind Folgen von Verstellungen. Am Ende

jedes Intervalles  $\Delta t$  muss der Spindelstock eine vorgeschriebene Verstellung  $\Delta X$  ausgeführt haben, das heisst einer vorgeschriebenen Anzahl Schritte entsprechend. So erkennt man in der Fig. 6, dass am Ende des ersten  $\Delta t$  die  
5 Verstellung des Spindelstockes 4 Schritte betragen muss, usw.

Was die Verstellung des Werkzeuges betrifft, das heisst der Y-Achse, findet hier eine analoge Zerlegung statt. Ausgehend von der Stellung des Werkzeuges zum Zeit-  
10 punkt  $t = 0$  werden die Folge der Zeitintervalle auf der t-Achse nach links eingetragen und die Inkremente des Werkzeug-Motors in der Ordinate eingetragen, so dass die Linie im linken oberen Quadranten zwischen dem Zeitpunkt  $t = 0$  und dem Zeitpunkt  $t = 9$  erhalten wird.

15 Die Schritt-Tabelle im eigentlichen Sinn ist in der Fig. 7 dargestellt. Jede der Kolonnen  $\Delta X_i$  und  $\Delta Y_i$  stellt die Anzahl der Schritte dar, welche die entsprechende Achse bei jedem  $\Delta t$  ausführen muss. Diese Tabelle erlaubt ein derartiges Programmieren der Steuereinrichtung,  
20 dass eine Reihe sich folgender Werkstücke aus der Stange 5 (Fig. 1) heraus bearbeitet werden kann.

Wie im Rahmen der Fig. 3 kann in bestimmten Fällen eine Richtungsumkehr der Werkzeug-Verstellung notwendig werden. In diesem Fall enthält die Schritt-Tabelle  
25 für eine bestimmte Position in der Folge der Schritt-Intervalle  $\Delta X_i$  eine Instruktion mit einem nichtüblichen Befehl (zum Beispiel  $\Delta Y = 100$ ), wobei dieser Befehl als eine Richtungsumkehr für die Verstellung der Y-Achse interpretiert wird.

30 Die Steuereinrichtung umfasst einen Zeitsignal-generator der Dauer  $\Delta t$  und synchronisiert die Einlesung der Schritt-Tabelle auf der X-Achse und auf der Y-Achse. Die in diesen Tabellen enthaltenen numerischen Daten geben jedesmal die Anzahl Motorschritte an, die vor dem nächsten  
35 Impuls zu überschreiten sind. Bei der Ausarbeitung wird man die Inkremente so wählen, dass die Dynamik des Systems im

Hinblick auf den zu fabrizierenden Werkstück-Typ beachtet wird.

Man weiss, dass, wenn die Motoren Schrittmotoren sind, jeder Inkremental-Befehl zwingendermassen das vom  
5 Motor abhängige bewegbare Mittel in eine vorbestimmte Position führt, so dass der Betrieb im offenen Regelkreis solange zuverlässig verläuft, als kein Schrittfehler oder kein Aussertrittfallen erfolgt. Die Erstellung des Programmes erfordert also weder einen Positionsrücklauf noch eine  
10 Interpolation. Dagegen müssen die vorgesehenen Schritte mit den Leistungen der Aktuatoren kompatibel sein.

Man kann ein Rechenprogramm für die Schritt-Tabelle vorsehen, das geeignet ist, auf einem von der Maschine getrennten Rechner zu laufen. Bekannte Hilfs-  
15 Softwareprodukte, wie zum Beispiel die "TB-Logic"-Softwareprodukte der Anmelderin, können zur Erstellung eines Schritt-Tabellen-Programmes angepasst werden. Um die Grösse dieser Tabellen zu begrenzen, ist es möglich, auf Mittel wie die Datenkompression zurückzugreifen, was eine Preis-  
20 reduktion des Informatik-Speichers erlaubt.

Nachdem die Schritt-Tabelle auf einem externen Rechner berechnet wurde, wird sie mithilfe von Mitteln, die beliebig auswählbar sind, in einen Steuerspeicher der Maschine übertragen.

25 Wie weiter oben erwähnt, ist die Erfassung des Ursprungspunktes zu Beginn jeder Operation ein wichtiges Programm-Element. Die Erfassung des Ursprungspunktes ist von der tatsächlichen Position der Werkzeug-Spitze und folglich auch von ihrem Grad des Verschleisses abhängig.  
30 Die Steuereinrichtung wird deshalb mit einem Mittel ausgerüstet, das eine Verschiebung des Ursprungspunktes erlaubt, um eine Erfassung des Ursprungspunktes zu ermöglichen, die geeignet ist, in Funktion der Eigenschaften des Werkzeuges korrigiert werden zu können. Das Mittel zur Verschiebung erlaubt zuerst die anfängliche Verschiebung des  
35 Ursprungspunktes in Funktion der theoretischen Position der Werkzeug-Spitze, bezogen auf einen Referenzpunkt auf der

Achse, und alsdann gegebenenfalls eine Werkzeug-Korrektur, welche die Ursprungsposition modifiziert, dies in Funktion einer möglichen Variation der Form des Werkzeuges im Vergleich zu seiner theoretischen Form.

5 Die anfängliche Verschiebung des Ursprungspunktes muss in das Programm integriert werden, das die Schritt-Tabelle berechnet, während die Werkzeug-Korrekturen über die Verschiebung des Ursprungspunktes vorgenommen werden, entweder bei jeder Einlesung der Tabelle in einem Gebiet  
10 ohne vorgesehene Bewegung, das für eine Verstellung mit begrenzter Amplitude reserviert ist, oder ausserhalb der Einlesung der Tabelle.

Wenn die Bearbeitung eines Werkstücks eine Koordination zwischen der Drehung der Spindel und der Werkzeug-Position erfordert, zum Beispiel, wenn es sich um Gewindeschneiden eines Werkstücks, oder um das Drehen einer  
15 vieleckigen Form an der Stange, oder um die Verwendung der Spindel in der C-Achse handelt, muss der Antriebsmotor 9 der Spindel nach der Art einer Achse, die im Programm enthalten ist, funktionieren. In diesem Fall kann die Schritt-Tabelle eine Informationsfolge enthalten, die sich auf die Steuerung der Spindelachse bezieht. Es ist jedoch angesichts der starken Beanspruchung dieses Motors auch möglich, die Einlesegeschwindigkeit der Schritt-Tabelle, das  
20 heisst die Dauer der Intervalle  $\Delta t$  selbst, an die Drehgeschwindigkeit der Spindel anzupassen. In diesem Fall sind die Intervalle  $\Delta t$  nicht mehr direkt durch die Zeitsignale kalibriert, sondern von der momentanen Geschwindigkeit der Spindel abhängig.

30 Die Frequenz  $f = 1/\Delta t$  der Zeitsignale kann in einem Bereich von  $+f_0$  bis  $-f_0$  gewählt werden. Eine Frequenz  $f = +f_0$  entspricht der maximalen Geschwindigkeit, eine Frequenz Null entspricht dem Stillstand, und eine negative Frequenz setzt eine Einlesung der Schritt-Tabelle in  
35 umgekehrter Richtung voraus.

Es wurde früher angegeben, dass das Risiko eines unregelmässigen Laufes von einem Aussertrittfallen eines

Schrittmotors herkommen kann, falls zum Beispiel das Last-Drehmoment grösser als das maximale Motor-Drehmoment wird. Da das System als offener Regelkreis betrieben wird, existiert in diesem Fall keine Rückkopplung auf den Ablauf des  
5 Programmes.

Die Steuereinrichtung umfasst jedoch für jeden Aktuator, oder für jeden Motor, der eine Achse antreibt, ein Mittel zur Überwachung, das in der Lage ist, einen anormalen Betrieb zu erkennen und einen Alarm zu erzeugen,  
10 welcher den Programmablauf anhält. Das Mittel zur Überwachung kann aus einem Verschiebedetektor für das bewegbare Element bestehen, das mit der Achse oder mit der Drehung des Motors verknüpft ist. In diesem Fall sieht man einen zusätzlichen Fühler und ein Alarmsystem vor. Man kann auch  
15 den elektrischen Teil der Aktuatoren mit Schrittverlust-Detektorsystemen ausrüsten und den Alarm dann einwirken lassen, wenn der Impulsablauf offensichtlich derart erfolgt, dass die mechanische Verstellung, welche durch diesen Impuls erzeugt werden sollte, nicht stattfand. In  
20 diesem Fall sind Fühler, die auf Verschiebungen von mechanischen Materialelementen reagieren, nicht mehr notwendig. Die Überwachung erfolgt ausschliesslich durch elektronische Mittel.

Es wurde weiter oben das Beispiel von Aktuatoren,  
25 die durch Schrittmotoren gebildet werden, beschrieben. Es ist jedoch angebracht, zu bemerken, dass ein identisches Ergebnis zum Beispiel mit einem Gleichstrom-Motor erhalten werden kann, unter der Bedingung, dass dieser mit einem Regelsystem ausgerüstet ist, welches während der Aufnahme  
30 eines Impulses zwingendermassen eine vorgegebene Verstellung der Amplitude dieses Motors bewirkt. Man muss sich bewusst sein, dass diese Art und Weise des Vorgehens nicht nur die Verwendung von Schrittmotoren erlaubt, sondern auch von Aktuatoren, zum Beispiel des hydraulischen Typs und mit  
35 Positionsregelung. Der Impuls, welcher dieser Aktuator erhält, entspricht dann einer neuen Positions-Anweisung.

Übersetzung der Patentansprüche der europäischen  
Patentanmeldung Nr. 91810693.1 (0 474 603)

1. Verfahren zum Steuern von programmierbaren  
Verstellungen, die durch eine Mehrzahl von Antriebsmit-  
teln (10, 11) im Inkrementalbetrieb ausgeführt werden,  
die ein oder mehrere bewegbare Mittel einer Werkzeugma-  
5 schine antreiben, so dass eine Bearbeitung eines Werk-  
stückes, das in einem Werkstückhalter dieser Maschine  
befestigt ist, ausführbar ist, dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Steuerprogramm die numerischen gespeicherten  
Daten einer Schritttabelle verwendet, um jedem Antriebs-  
10 mittel eine Folge von inkrementalen Verstellbefehlen  
( $\Delta t_{xi}$ ,  $\Delta t_{yi}$ ) zuzuteilen, die sich in Funktion einer von  
der Zeit abhängigen Variablen folgen, wobei die Befehls-  
folge in der Schritttabelle eingeschlossen ist, und dass  
die genannte Schritttabelle aufgrund der Resultate einer  
15 Berechnung errichtet ist, die eine optimale Bearbei-  
tungsbahn in Funktion der Zeit definiert, und die er-  
laubt, ein gegebenes Profil mit einem gegebenen Material  
unter Berücksichtigung der Eigenschaften der Werkzeugma-  
schine zu erhalten.

20 2. Verfahren zum Steuern nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass die gegebenen Zahlen der genannten  
Schritttabelle für jede Verstellung eine variable Anzahl  
von Inkrementen oder Schritten, die während einer Anzahl  
von festen Zeiteinheiten auszuführen sind, angeben.

3. Verfahren zum Steuern nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Verstellbefehl der Folge in Form einer variablen Anzahl von Inkrementen gegeben wird, welche während eines festen, gegebenen Zeitintervalls, welches einer Anzahl von festen Zeiteinheiten entspricht, auszuführen sind, wobei die variable Anzahl von Inkrementen in der genannten Schritttabelle errichtet ist.

4. Verfahren zum Steuern nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die gegebenen Zahlen der genannten Schritttabelle für jede Verstellung die Anzahl Zeiteinheiten angeben, nach welchen die entsprechende Achse eine Verstellung mit einer festen Anzahl von Inkrementen ausführen soll.

5. Verfahren zum Steuern nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Verstellbefehl der Folge in Form einer festen gegebenen Zahl von Inkrementen gegeben wird, welche während eines variablen Zeitintervalls auszuführen sind, wobei die Dauer der genannten Zeitintervalle in der genannten Schritttabelle in Funktion einer variablen Zahl von Zeiteinheiten festgelegt ist.

6. Verfahren zum Steuern nach einem der Ansprüche 3 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert der Zeiteinheit Impulsen entspricht, die durch einen Zeitsignalgenerator emittiert werden.

7. Verfahren zum Steuern nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitsignalgenerator die Zeitintervalle von fixer Dauer festlegt.

8. Verfahren zum Steuern nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitsignalgenerator die Zeitintervalle in Funktion von einer Rotationsgeschwindigkeit oder Verstellgeschwindigkeit festlegt, die auf einer der Achsen beobachtet werden.

9. Einrichtung zum Steuern einer oder mehrerer Achsen in einer Werkzeugmaschine, welche auf jeder Achse ein inkremental funktionierendes Antriebsmittel (10, 11) und für die Gesamtheit der Achsen (x, y) einen Speicher für gegebene Zahlengrößen umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum Steuern auch einen Zeitsignalgenerator und ein Steuerprogramm umfasst, und dass das genannte Steuerprogramm mittels der gegebenen Zahlengrößen, die in der Schritttabelle enthalten sind, wie im Anspruch 1 definiert ist, an jedes Antriebsmittel eine Reihe von Anweisungen zur Verstellung in Form von Inkrementalbefehlen ( $\Delta X_i, \Delta Y_i$ ) zuweist, übermittelt in Zeitintervallen, die durch den Zeitsignalgenerator gebildet sind.

10. Einrichtung zum Steuern nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritttabelle für jede Achse, im Vergleich zu einer Folge von Zeitintervallen, eine Folge von Schrittbefehlen umfasst, wobei jeder Befehl in einem Zeitintervall der genannten Folge von Zeitintervallen zugeordnet ist, wodurch dem Steuerprogramm erlaubt wird, die den Achsen zugeteilten Antriebsmittel die Ausführung einer variablen Anzahl von ganzen Schritten zu übertragen, wobei diese Anzahl Schritte gleich null, eins, oder irgend eine ganze Zahl grösser als eins sein kann.



11. Einrichtung zum Steuern nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritttabelle so ausgebildet ist, dass jede gegebene Grösse unter anderem für jede Achse einen Ausführungszeitpunkt der genannten Schritttanzahl bestimmt.

12. Einrichtung zum Steuern nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritttabelle so ausgebildet ist, dass mindestens eines der genannten vorbestimmten Zeitintervalle eine Anweisung zur Richtungs-  
kehr auf mindestens eine der Achsen bewirkt, wobei dieses Zeitintervall keine andere Anweisung bewirkt.

13. Einrichtung zum Steuern nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte Zeitsignalgenerator die genannten Zeitintervalle bestimmt, sie zählt, und die Ausführung dieser Anweisungen mit diesen letzteren synchronisiert.

14. Einrichtung zum Steuern nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitsignalgenerator die Zeitintervalle mit einer festen Dauer bestimmt.

15. Einrichtung zum Steuern nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitsignalgenerator die Zeitintervalle in Funktion einer Rotationsgeschwindigkeit oder einer Verstellgeschwindigkeit einer Achse bestimmt.

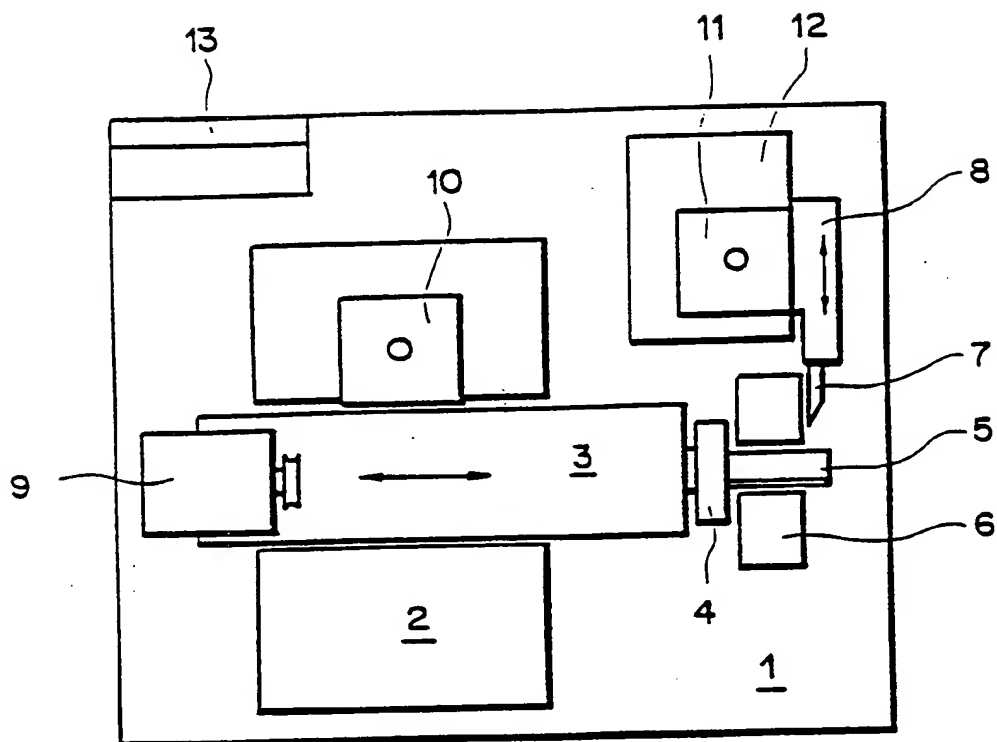
16. Einrichtung zum Steuern nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerprogramm Mittel, mit welchen wiederholbar auf jeder Achse die Ursprungsposition ermittelbar ist, wobei  
5 jeder Ermittlung ein Schrittausführungsbefehl nachfolgt, und im weiteren Mittel zur Verschiebung der Ursprungsposition enthält.

17. Einrichtung zum Steuern nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel  
10 zur Ueberwachung von einer abnormalen Ausführung des Programmes und Mittel zur Steuerung vorgesehen sind, mit welchen der Ablauf des Programms bei der Entdeckung eines abnormalen Ablaufs gestoppt werden kann.

18. Einrichtung zur Steuerung nach Anspruch 17,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Ueberwachung für mindestens ein Antriebsmittel einer Achse einen Schrittverlust-Detektor aufweisen, der mit diesem Motor verbunden ist.

19. Einrichtung zur Steuerung nach Anspruch 17,  
20 dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Ueberwachung für mindestens eine Achse einen Verschiebedetektor für ein mit dieser Achse verbundenes, bewegbares Element aufweisen.

FIG. 1



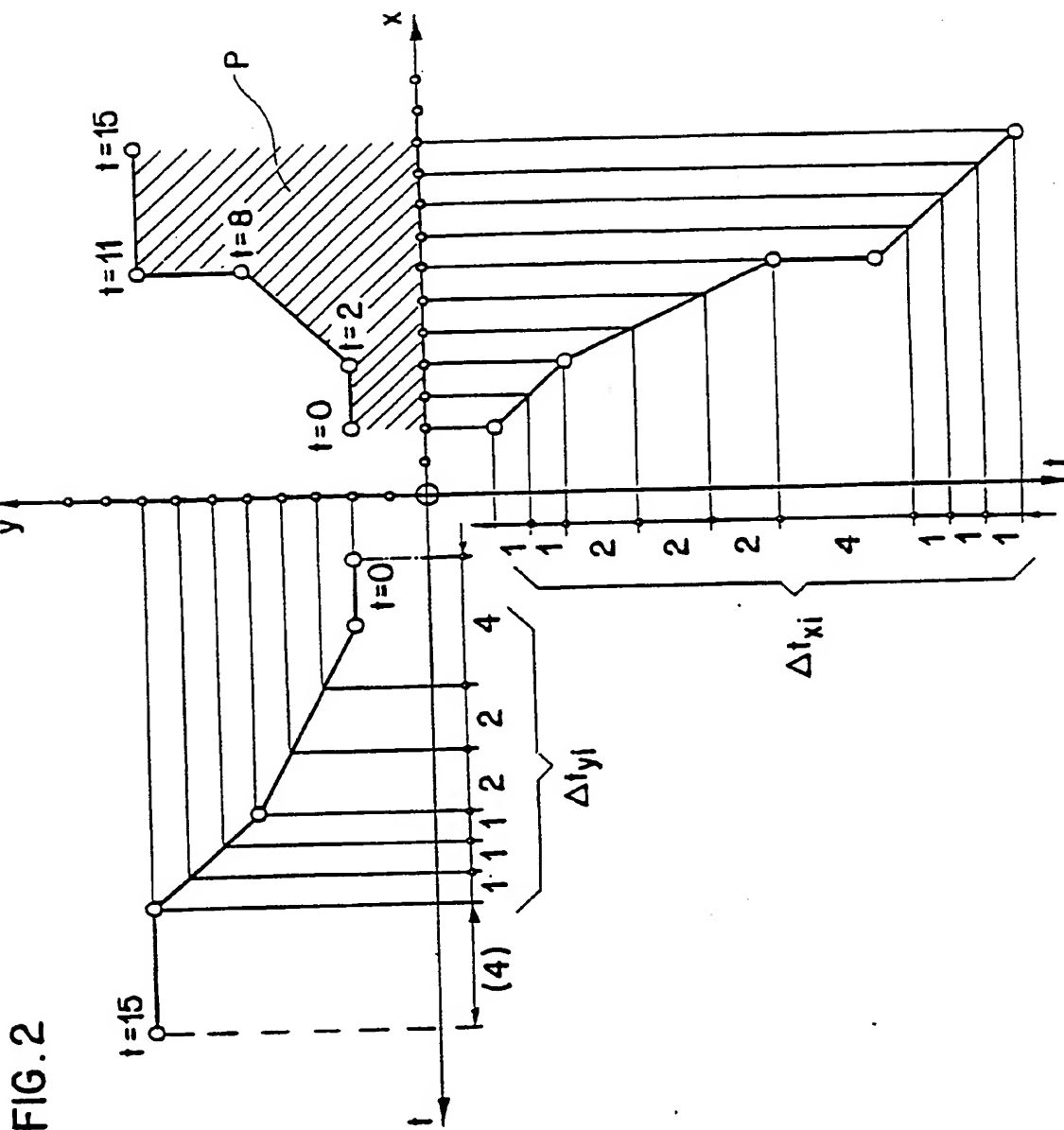




FIG. 4

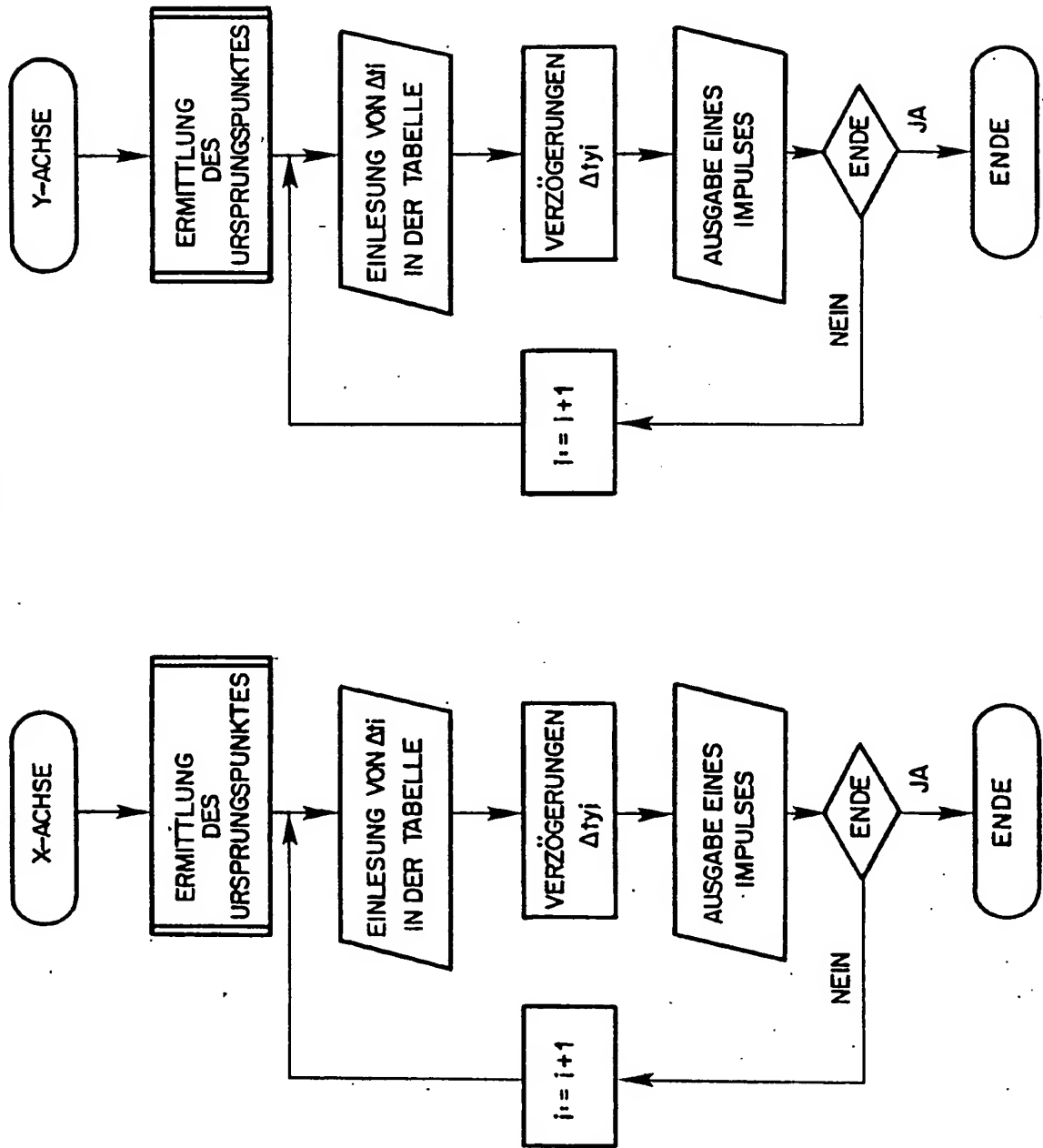


FIG. 6

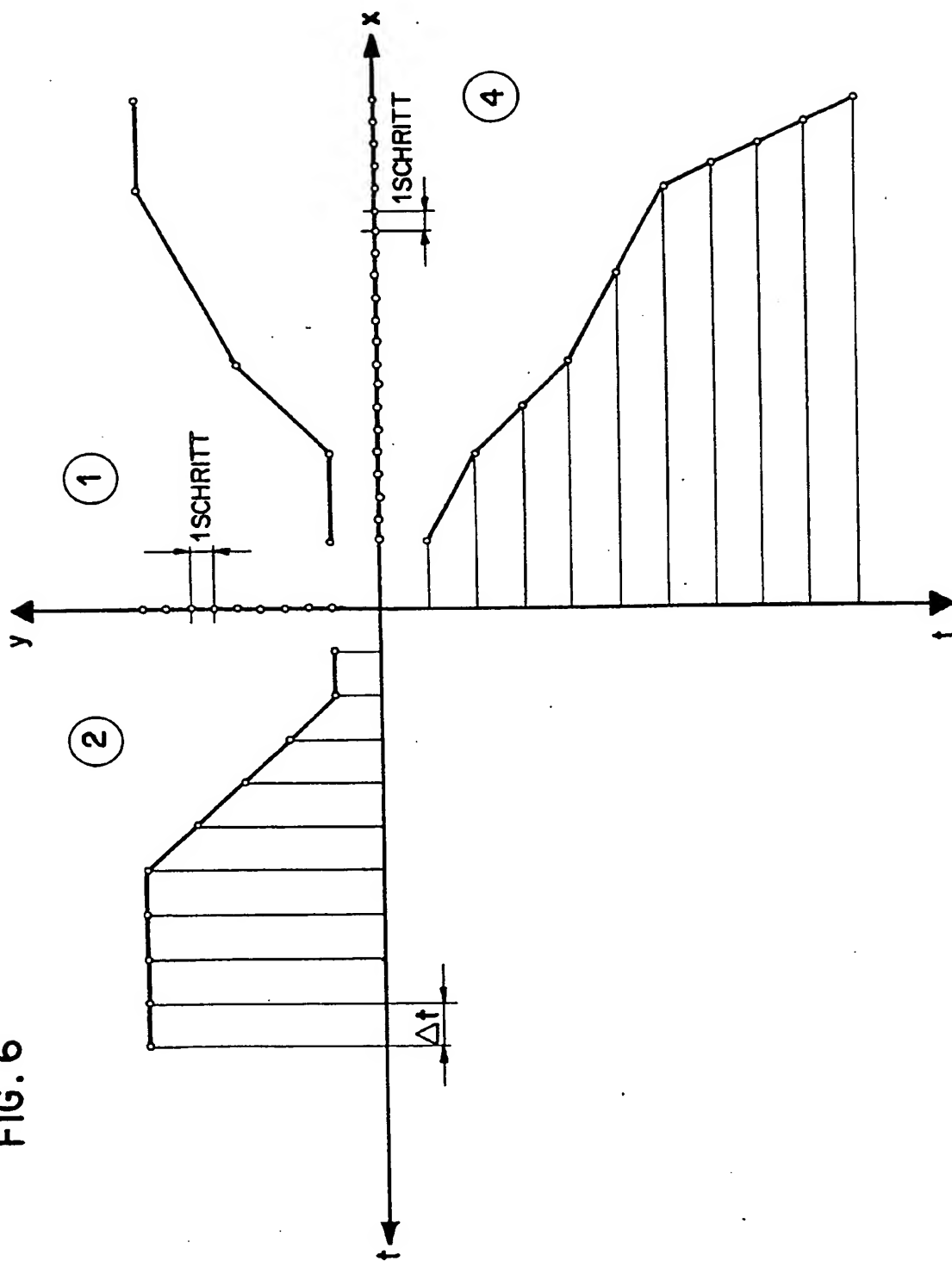


FIG. 7

$\Delta x$	$\Delta y$
4	0
2	2
2	2
4	2
4	2
1	0
1	0
1	0
1	0